Paris - 6 Juillet 92

1892

Prix Buignet

Delépine

Des effets de la composition des vibrations de même période. Exemples tirés de l'optique et de l'acoustique.

Une vibration est définie par son amplitude sa période et sa phase.

L'amplitude est le maximum d'écart que la molécule peut subir par rapport à sa position d'équilibre ; la période est le temps qui sépare les instants où la molécule ébranlée se trouve dans la même position qu'à ~~une~~ l'époque précédente la plus voisine et sur le même chemin la phase est un terme additif dû à la translation de ~~cette~~ la vibration initiale prise au bout d'un certain temps de la production de cette vibration. C'est une durée. Nous considérerons ici une vibration simple, pendulaire, on peut figurer au temps t sa vitesse par :

$$u = a \sin 2\pi \frac{t}{T}.$$

a est l'amplitude, ~~......~~ u est l'élongation ou distance au temps t de la molécule à sa position d'équilibre, on voit que $u = a$ et prend sa valeur maxima absolue pour $t = 0$; $t = \frac{T}{2}$; $t = T$; $t = \frac{3T}{2}$ etc.

T est la période c'est le temps où la molécule se trouve avoir la même élongation dans le même sens.

Si nous prenons un temps $= \theta$ après l'instant considéré nous aurons

$$u = a \sin 2\pi \left(\frac{t - \theta}{T}\right)$$

mais pendant ce temps θ ~~notre~~ la vibration que nous supposerons marcher uniformément dans le sens de sa direction avec une vitesse V aura parcouru un espace $V\theta$. Pendant le temps T elle aurait parcouru un espace VT et la vibration eut pu s'écrire

$$u = a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + T\right)$$

$$\text{ou } a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + 1\right)$$

u aurait repris la même valeur. Donc, toutes les fois que l'ébranlement ou onde produit par la vibration a parcouru un espace VT l'élongation reprend la même valeur; à cause de cette propriété remarquable on pose souvent $VT = \lambda$ et on dit que λ est la longueur d'onde. Si nous prenons l'équation

$$u = a \sin 2\pi\left(\frac{t-\theta}{T}\right)$$

Nous pourons écrire successivement

$$u = a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{\theta}{T}\right)$$

$$= a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{V\theta}{VT}\right)$$

$$= a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

en appelant x l'espace parcouru pendant le temps θ. On appelle x ou $\frac{x}{\lambda}$ la phase indifféremment et on pose souvent $u = a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \varphi\right)$ Une autre vibration de même période pourra donc s'écrire $u' = a' \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \varphi'\right)$ car le temps ~~et si on rapporte la seconde à la première quand φ est nul on peut écrire~~

~~$u = a \sin 2\pi t$~~

t est absolument à notre disposition il suffit de partir en temps convenable.

La vitesse $v = \frac{du}{dt}$ vibratoire s'obtient en prenant la dérivée: on a alors

$v = a\frac{2\pi}{T}\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\varphi\right)$

et $v' = a'\frac{2\pi}{T}\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\varphi'\right)$

et en posant $a\frac{2\pi}{T} = A$

$a'\frac{2\pi}{T} = A_1$

et augmentant les deux vibrations chacune de $\frac{\pi}{2}$ ce qui ne change que leur phase d'une même quantité on peut écrire finalement les deux vibrations sous les formes:

$v = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\varphi\right)$

$v_1 = A_1\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\varphi'\right)$.

Ce sont deux vibrations de cette sorte qu'il nous faut composer. Supposons les vibrations s'effectuant dans la même direction elles s'ajoutent algébriquement et l'on a: $V_{resultante} = v + v_1$

Nous savons d'autre part que l'intensité ou mieux l'energie d'une vibration dans un milieu de masse m est par seconde $K\frac{m\alpha^2}{2}$ où α est l'amplitude de la vibration.

Si nous voulons savoir l'intensité de l'effet ~~vibratoire~~ produit par la superposition de nos deux vibrations ~~pendant~~ il nous faut calculer l'amplitude de la vibration qui en résulte. Il suffit pour cela d'effectuer les operations suivantes (Fresnel)

$V = A\sin 2\pi\frac{t}{T}\cos 2\pi\varphi - A\cos 2\pi\frac{t}{T}\sin 2\pi\varphi$
$+ A_1\sin 2\pi\frac{t}{T}\cos 2\pi\varphi' - A_1\cos 2\pi\frac{t}{T}\sin 2\pi\varphi'$

ou $\sin 2\pi\frac{t}{T}\left(A\cos 2\pi\varphi + A'\cos 2\pi\varphi'\right)$

$- \cos 2\pi\frac{t}{T}\left(A\sin 2\pi\varphi + A_1\sin 2\pi\varphi'\right)$

ou en posant $A\cos 2\pi\varphi + A_1\cos 2\pi\varphi' = \alpha\cos 2\pi\varphi_1$ (1)

et $A\sin 2\pi\varphi + A_1\sin 2\pi\varphi' = \alpha\sin 2\pi\varphi_1$ (2)

$V = \sin 2\pi\frac{t}{T}\cdot\alpha\cos 2\pi\varphi_1 - \cos 2\pi\frac{t}{T}\cdot\alpha\sin 2\pi\varphi_1$

$= \alpha\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\varphi_1\right)$

Ainsi la superposition des vibrations de même période donne ~~des~~ une vibration résultante de même période mais d'amplitude et de phases différentes. L'intensité des effets produits par cette vibration est

$$I = K\alpha^2$$

Or si nous additionnons (1) et (2) après les avoir élevés au carré nous aurons :

il manque 2π avant φ et φ'

$$\alpha^2 \cos^2 2\pi\varphi_1 = A^2\cos^2 2\pi\varphi + A_1^2\cos^2\varphi' + 2AA_1\cos\varphi\cos\varphi'$$
$$\alpha^2 \sin^2 2\pi\varphi_1 = A^2\sin^2\varphi + A_1^2\sin^2\varphi' + 2AA_1\sin\varphi\sin\varphi'$$

$$\alpha^2 = A^2 + A_1^2 + 2AA_1\cos 2\pi(\varphi - \varphi')$$

remarquons que $\varphi = \frac{x}{\lambda}$ et que $\varphi' = \frac{x'}{\lambda}$

On a alors $\alpha^2 = A^2 + A_1^2 + 2AA'\cos 2\pi\frac{x - x'}{\lambda}$. (3)

Telle est l'équation que nous allons discuter et soumettre à l'expérimentation.

Fresnel avait donné un moyen pour composer ~~alg~~ géométriquement de telles vibrations :

Sur les x et faisant un angle φ avec eux on porte une droite $OI = A$; puis faisant avec ~~φ~~ IV un angle $\varphi' =$ ~~XVK~~ une autre droite $IK = A_1$.

Alors $OK = \alpha$ c'est l'amplitude de la vibration résultante. On a en effet

$$OK^2 = OX^2 + XK^2 = (OR + RX)^2 + (KV + VX)^2$$
$$= (A\cos\varphi + A_1\cos\varphi')^2 + (A_1\sin\varphi' + A\sin\varphi)^2$$

ce qui reproduit bien les équations (1) & (2) élevées au carré. La phase du nouveau mouvement est φ_1 telle que $tg\varphi_1 = \frac{KX}{OX} = \frac{A_1\sin\varphi' + A\sin\varphi}{A\cos\varphi + A_1\cos\varphi'}$.



Application acoustiques.

Toutes les fois qu'une onde sonore arrive contre un plan résistant et peu flexible comme une muraille le fond en bois d'un tuyau d'orgue etc. elle s'y réfléchit et par conséquent s'ajoute algébriquement à celle qui arrive directement.

A X B
δ
C X D

Soit un tuyau fermé ABCD et considérons une onde telle que X à une distance x du point d'origine : on a

$$v = A \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

pour celle qui revient et possède une vitesse contraire on a

$$-v_1 = A_1 \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x+2\delta}{\lambda}\right)$$

δ étant la distance du plan XX au fond du tuyau. Pour plus de simplicité supposons $A = A_1$. et portons ces valeurs dans l'équation 3 en faisant attention aux signes. Nous aurons

$$\alpha^2 = 2A^2 - 2A^2 \cos 2\pi \frac{2\delta}{\lambda}.$$

le signe moins étant amené par $-v_1$.

Donc si $\delta = 0$ c'est-à-dire au fond du tuyau nous aurons $\alpha^2 = 2A^2 - 2A^2 = 0$. Il n'y aura pas d'intensité c'est un nœud.

Si $\delta = \frac{\lambda}{4}$ on $\cos 2\pi \frac{2\delta}{\lambda} = \cos \pi = -1$

et $\alpha^2 = 4A^2$. L'intensité est quatre fois aussi grande que celle d'une seule vibration : c'est un ventre.

Si $\delta = \frac{\lambda}{2}$ on a $\cos \frac{4\pi\delta}{\lambda} = \cos 2\pi = 1$

et $\alpha^2 = 0$ nouveau nœud.

et ainsi de suite on trouverait que deux nœuds consécutifs sont à distance de $\frac{\lambda}{2}$ et deux ventres aussi chacun de ces nœuds et des ces ventres étant

équidistant et situé à $\frac{\lambda}{4}$ de son voisin. On voit que dans une longueur d'onde il y a 2 nœuds & 2 ventres.

L'expérience pratique de ceci fut faite par le colonel Savart. Il prit un gros timbre vibrant en face d'une muraille et pendit une corde allant normalement du timbre à la muraille. Ayant promené son oreille le long de la corde il remarque qu'en certains endroits il se faisait entendre un bruit très intense, dans d'autres le silence était presque complet. c'étaient les nœuds. Ayant mesuré la distance d'un endroit silencieux à un autre il trouva qu'elle correspondait approximativement à une ½ longueur d'onde du son émis par la cloche et mesuré à la sirène. Le silence n'était pas absolu parce que A n'est pas rigoureusement égal à A_1. Le nœud est seulement un lieu de moindre bruit.

La théorie du nombre des vibrations données par un tuyau se déduit de là — Passons sur la démonstration qui exige que le fond d'un tuyau fermé soit un nœud et l'ouverture un ventre. On voit que puisque la distance d'un nœud et d'un ventre est $\frac{\lambda}{4}$ on aura comme plus grande valeur de l $l = \frac{\lambda}{4} = \frac{V}{4N}$

N — V

V N N

V

$$ou \quad N = \frac{V}{4l}$$

$$puis \quad l = \frac{3\lambda}{4} \quad ou \quad N_1 = \frac{3V}{4l} \quad etc$$

Les sons successifs sont 1. 3. 5. 7 etc.

On voit sans peine comment celle des tuyaux ouverts se déduirait de là.

Une autre expérience qui mérite d'être signalée est celle-ci. Deux tuyaux orgues donnant l'unisson sont placés sur la même soufflerie. On les fait vibrer ensemble. On n'entend aucun son ou à peine des harmoniques plus aigus. Que s'est-il passé? Ici les deux tuyaux ont comme on dit pris l'un sur l'autre une différence de phase de ½ longueur

d'onde. De sorte que si $v = a \sin 2\pi \frac{t}{T}$
on a $v_1 = a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{\lambda/2}{\lambda}\right)$

En composant v et v_1 on a d'après notre équation

$$\alpha^2 = 2a^2 + 2a^2 \cos 2\pi \frac{\lambda/2}{\lambda} = 2a^2 - 2a^2 = 0$$

On dit qu'il y a discordance. On peut facilement prévoir ceci sur la construction de Fresnel; on y fait $\varphi = 0$ et on a porter sur OX et en sens inverse de la précédente longueur ($\varphi' = -180°$) une égale longueur on revient donc au point O. $OK = 0$. Le son est nul.

Cette expérience a beaucoup de rapport avec le phénomène dit des réseaux. Supposons un rayon lumineux $RR'R''$ et observons le à la suite d'une réfraction particulière sur laquelle il est inutile d'insister. Supposons que $CO = \lambda$ et $BI = \frac{\lambda}{2}$. En prenant individuellement 2 rayons dans chacun des espaces AB et BC séparés l'un de l'autre par une distance égale à AB nous aurons un ensemble de rayons tous discordants et partant de l'obscurité de même que précédemment du silence.

Arrivons enfin à l'expérience de Fresnel: Cet illustre physicien prenait une source lumineuse. Il la faisait se réfléchir sur deux miroirs dressés verticalement. Il se produisait 2 images A & B symétriques l'une de l'autre par rapport à chacune

des miroirs. C'était donc comme si l'on eut eu deux sources A & B absolument synchrones, sympathiques, et de même amplitude qui eussent envoyé chacune un ensemble de faisceaux limités par un cone dont le sommet fut l'une des sources et la surface latérale une ligne qui eut glissé sur les bords du miroir producteur de l'image. Il y avait une partie commune $CKRS$ dans laquelle par conséquent pouvaient agir l'une sur l'autre les vibrations venues des deux sources.

Or si au moyen d'une lunette que Fresnel construisit pour cette expérience même on explore la partie commune aux deux faisceaux réfléchis en EH par exemple on observe des franges d'interférences. Si au moyen de la lunette et du système micrométrique qu'elle comporte on observe les distances successives des centres de deux franges on constate qu'il y a un intervalle fixe et qu'en particulier sur la direction de la perpendiculaire élevée sur le milieu de AB on observe une frange brillante. Si on opère avec de la lumière blanche on n'observe que quelques franges centrales les autres s'irisant au fur & à mesure de leur écartement et dégénérant bientôt en un blanc plus ou moins grisâtre. Considérons ce qui se passe quand on opère avec une seule radiation du jaune fourni par l'alcool salé par exemple.

Nous avons 2 sources A & B isochrones, de même phase initiale qui éclairent un point tel que P.
Comme nous considérons une seule radiation parlant une seule période on voit que la différence de phase des deux rayons éclairant P est PB − PA ou OB. D'après notre équation ci-dessus quand $OB = 0$ $\alpha^2 = 4A^2$. L'éclairement est quadruple. Quand $OB = \frac{\lambda}{2}$ $\alpha^2 = 0$ Éclairement nul

$OB = \frac{3\lambda}{2}$ $\alpha^2 = 4A^2$ Éclairement.

On a donc des alternatives d'éclairement & d'obscurité qui produisent le phénomène des franges. On voit que là encore l'observation confirme la théorie. Au lieu de deux miroirs on peut prendre le biprisme avec Fresnel ou deux 1/2 lentilles avec Billet. En un mot toutes les fois qu'on aura deux sources isochrones et synchrones. Toujours la théorie est ponctuellement vérifiée

Delépine



Paris 6 Juillet 92

Delépine

Procédés & résultats de l'Analyse Spectrale.

Si l'on reçoit un spectre pur formé par la méthode de Newton sur un écran, on constate que le spectre n'est pas toujours le même quand on s'adresse à des sources lumineuses différentes.

La 1re observation dans ce sens fut faite par un habile opticien Frauenhofer qui signala dans le spectre solaire bien préparé une multitude de petites raies noires plus ou moins larges ou espacées. Elles avaient échappé à l'observation de ses ~~hab~~ prédécesseurs. Il se mit en devoir de les compter, de les repérer et de chercher à en découvrir le plus possible. Ce fut un véritable travail de patience. Mais l'auteur ne soupçonna pas tout de suite l'immense portée que devait avoir à bref délai sa découverte et ses patientes recherches.

Reprise par les savants Kirchoff et Bunsen, la découverte de Frauenhofer fit un grand pas et fut en quelques années amenée à une grande perfection en même temps qu'ils en donnèrent la théorie (théorie de l'émission de Kirchoff, absorption, rapports entre l'émission et l'absorption, égalité du pouvoir émissif & absorbant etc) Mais ici nous donnerons seulement les procédés, c'est-à-dire les diverses manières de faire les observations, les divers appareils et enfin les résultats.

Etude du Spectre Solaire.

On sait qu'un prisme réfracte differemment les diverses couleurs. D'une façon générale (à part les anomalies du genre de celle d'un prisme d'iode étudié par M Leroux*, celles des matières dichroiques et quelques autres) la couleur la plus réfrangible est celle de plus petite longueur d'onde.

Un seul prisme produit une déviation qui atteint son minima pour i = r. Si on prend dans une portion de ce premier spectre une ou deux, trois lignes brillantes séparées par des raies, on trouve qu'après une seconde réfraction il y a plus de raies et partant qu'auparavant il se trouvait des raies cachées par la superpositions de deux bandes colorées que n'avait pas écartées suffisamment le 1er prisme. Bunsen & Kirchoff ont fait construire des spectroscopes ayant un nombre de prismes assez grand (ou 8 mobiles tous ensemble pour prendre ensemble le minima de déviation et ils obtinrent ainsi une multiplication de raies effrayante. Depuis leurs travaux Mascart Cornu eux ont trouvé et catalogué des milliers. Il y a plus on sait que la portion lumineuse du prisme A à H de Fraunhofer est accompagnée d'une partie moins réfrangible calorifique ultra rouge et d'une partie plus réfrangible actinique ultra violette qui ont permis de décupler la longueur du spectre. M. Langley de l'observatoire des Alleghanys, grâce au bolomètre a exploré la région infra rouge et y a signalé des raies. M. Cornu grace à la photographie a photographié l'ultra violet.

* M. Becquerel par les phénomènes phosphorescents a fait également de nombreuses recherches.

Que signifient ces raies?

Il nous faut tout d'abord étudier quelques spectres artificiels.

Spectres de métaux incandescents. Si on porte une plaque de platine au rouge blanc, ou bien un morceau de craie on obtient un spectre continu: chaleur, lumière, action chimique s'y trouvent réunies, il est vrai en proportions variables avec la température.

Un gaz incandescent donne le même phénomène.

Prenons maintenant un gaz, une vapeur quelconque que nous interposerons entre le corps éclairant et la lunette qui servira à observer le spectre. Alors, le phénomène change. Au lieu d'un spectre continu nous aurons un spectre dit de bandes ou d'absorption : une foule de radiations colorées manquent et celles qui restent s'estompent le plus souvent sur leurs bords pour devenir tout-à-fait obscures. Ces spectres ont été observés par Stokes sur nombre de substances — On les observe commodément en faisant passer des étincelles d'induction dans des tubes de Geissler larges. Les parties étroites ou voisines des pôles pouvant donner des spectres brillants ou continus par ce que le gaz y est incandescent. Quand le tube est large au contraire la couche gazeuse est suffisante pour produire l'absorption.

Certaines substances colorées, sang defibrine, chlorophylle etc produisent des spectres analogues.

Spectres de métaux volatilisés. Si on observe une flamme d'alcool salé, au lieu d'un spectre continu on observe seulement 2 raies très brillantes extrêmement voisines et dans le jaune. D'autres métaux mis au bout d'un fil de platine dans la flamme d'un bec Bunsen donnent de même un petit nombre de raies brillantes. Bunsen & Kirchoff appelèrent ces raies spectres d'émission.

Afin de pouvoir comparer entre eux les divers métaux au point de vue de la place de leurs raies ils adjoignirent au spectroscope à plusieurs prismes signalé plus haut les modifications suivantes :

Sur la face du dernier prisme ils faisaient tomber sous l'incidence favorable l'image d'un micromètre éclairé par une lampe L. L'image de ce micro vue en L' venait se superposer au spectre produit et l'on pouvait affecter chaque raie d'un chiffre qui permet de la cataloguer. C'est ainsi qu'ils publièrent leurs tables.

En même temps que le spectre d'émission on peut au moyen d'un prisme à réflexion totale P faire arriver dans le collimateur un rayon solaire et le superposer dans la lunette L' au spectre

d'émission de métal observé. Ils purent donc en même temps rapporter les raies d'émission aux ~~bandes~~ raies noires que Fraunhofer avait désigné par des lettres. C'est alors qu'on voit nettement si l'on a un spectre d'émission du sodium, que celle-ci correspond à la raie D de Fraunhofer. Ayant examiné d'autres métaux usuels ils constatèrent de nouvelles coïncidences et c'est alors que Kirchhoff donna sa théorie de l'émission. Il admit que toutes les raies examinées dans le spectre solaire correspondaient à autant de bandes d'absorption de métaux en vapeur sur la photosphère solaire. Pour le prouver on peut faire l'expérience suivante

Microm.
Solaire A B C D
Na.

en A est une lampe à alcool salé en B une autre moins intense. Si on place l'œil de manière à voir la projection de B sur A on observe le phénomène indiqué en

Œil B A C

C. La lumière de B se détache en noir sur le fond de A. C'est donc qu'une lumière telle que B est capable d'absorber entièrement une lumière identique telle que A. C'est l'expérience du renversement des raies simplifiée. On observe ce renversement lorsque on chauffe très fortement certains corps amenés à l'incandescence de manière à fournir une vapeur environnante abondante. Certains métaux fournissent des raies spontanément renversables. Toutefois le phénomène d'après M. Cholon est graduel. On constate par exemple un élargissement dans les parties centrales qui gagne les raies voisines. On peut même souvent voir au centre les bandes d'absorption de raies brillantes sur les bords.

Si au lieu d'une lumière simple comme A on prend une lumière continue et si on place un spectroscope au lieu de l'œil on verra donc se détacher une bande noire correspondant au sodium. De là à conclure que tous les métaux qui donnent des raies situées au même endroit dans le spectre que les raies solaires sont des métaux qui se trouvent dans cet astre, il n'y a qu'un pas. Il a été

étendu aux ~~astres~~ étoiles les plus brillantes. De là, il résulte que le soleil contient la plupart de nos métaux usuels: Fer. Na. Ni. Co. Ca. Ba. etc H.. La plupart des étoiles contiennent de l'Hydrogène.

Revenons aux spectres émissifs. Bunsen & Kirhoff avons nous dit cataloguèrent une multitude de raies. Ils éprouvèrent la sensibilité de la méthode par l'examen de l'air d'une chambre où ils avaient fait détoner quelques milligrammes de ClO^3Na dans la partie la plus éloignée du spectroscope. Presque aussitôt la raie D apparut et dura plusieurs heures. Enfin c'est là le plus beau côté de leurs observations, ils parvinrent à découvrir de nouveaux métaux: Li. Cs. Rb.

Ayant en effet examiné une eau minérale ils découvrirent que le résidu donnait au spectroscope des raies ne répondant à aucune de celles qu'ils avaient catalogué. Ils conclurent à la présence d'un nouvel élément et découvrirent ainsi le Lithium remarquable par une belle raie rouge et une autre bleue. Le Cs donne une raie bleue; le Rubidium une série de raies rouges.

Quelques années plus tard Crookes ayant observé une magnifique raie verte découvrit le thallium. Signalons encore le Gallium de Lecoq de Boisbaudran.

On voit combien les conséquences des observations de Fraünhofer ont été fécondes en résultats.

Les bandes d'absorption ont aussi leur utilité pratique: les toxicologues ont mis à profit les propriétés différentes du sang oxygéné, ou carbonique, ou oxycarboné, ou cyanhydrique pour découvrir la nature des empoisonnements. La méthode est là encore très sensible. En particulier dans le cas du sang oxygéné l'hémoglobine donne deux bandes. Qu'on ajoute du sulfhydrate d'ammoniaque on verra peu à peu les bandes se rapprocher et se confondre en une seule. Le sang ainsi réduit ne reprend son état normal que très lentement. Si au contraire il s'agit de sang veineux on voit les deux bandes apparaître

beaucoup plus rapidement

Enfin le spectre chlorophyllien par ses 6 bandes nous fait voir quelles sont les couleurs les plus facilement absorbées et partant celles qui sont nécessaires à la végétation. On trouve ainsi que le jaune est celle qui a la plus grande activité

L'étude de certaines vapeurs telles que l'hypoazotide, l'iode, a montré que si la température croît le spectre change profondément de nature. L'hypoazotide au lieu de bandes larges ~~[illegible]~~ montre des lignes plus étroites. On a dit qu'alors la molécule AzO^2-AzO^2 se change en AzO^2.

Si on étend la conclusion à l'iode I^2 on en conclut qu'il y a des températures où l'atome d'iode arraché de sa molécule peut subsister à l'état libre. Les atomistes se sont empressés d'adopter cette conclusion qui cadre admirablement avec les expériences faites par M. Troost et qui démontrent la décroissance de la densité de vapeur de l'iode.

Nous avons dit que Bunsen & Kirchoff avaient rapporté leurs mesures au spectre solaire. On peut et on fait aujourd'hui autrement. On rapporte toutes les mesures au spectre normal dont les déviations sont proportionnelles aux longueurs d'onde.

$$\text{On a. } \sin\delta = \frac{a+b}{\lambda}$$

On supprime ainsi toutes les difficultés qui se produisent lorsqu'on veut passer d'un instrument à prismes à un autre. Aussi aujourd'hui toutes les tables de spectres d'émission d'absorption sont elles exprimées en longueurs d'onde; c'est en quelque sorte une mesure absolue.

Des modifications sur la production de la flamme ont aussi été apportées par M. Cholon. Il se sert d'une bobine à très gros fil inducteur et fait éclater l'étincelle à la surface du liquide à examiner. La dépense de matière est infime

Delsprind